

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 7 月 22 日 (22.07.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/062080 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H02P 9/04  
 (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/016749  
 (22) 国際出願日: 2003 年 12 月 25 日 (25.12.2003)  
 (25) 国際出願の言語: 日本語  
 (26) 国際公開の言語: 日本語  
 (30) 優先権データ:  
     特願 2002-379675  
     2002 年 12 月 27 日 (27.12.2002) JP  
 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社  
     安川電機 (KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI)  
     [JP/JP]; 〒806-0004 福岡県 北九州市八幡西区 黒崎城  
     石 2 番 1 号 Fukuoka (JP).  
 (72) 発明者; および  
 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): カン ジュン

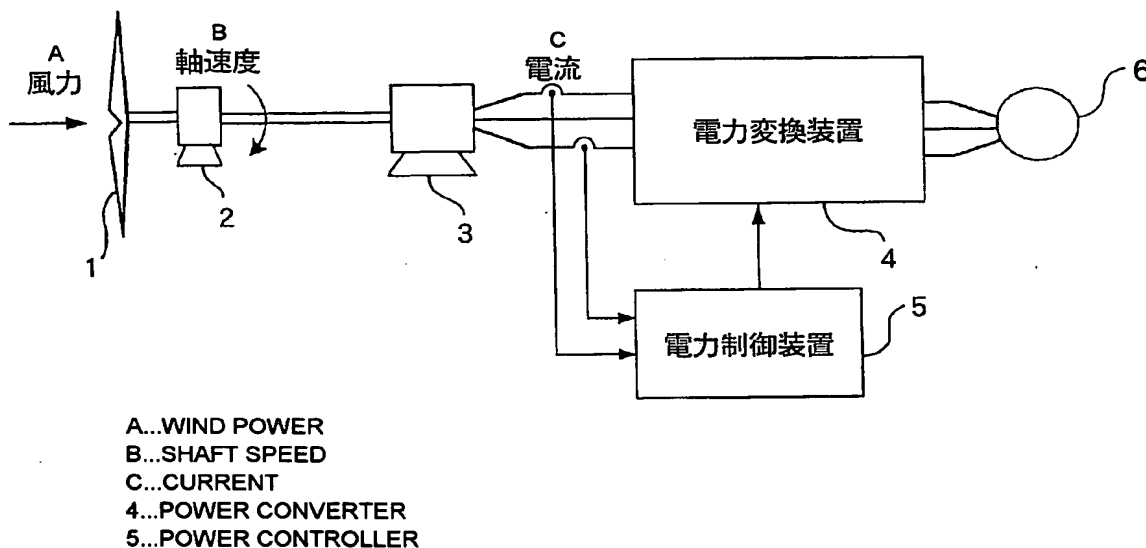
クー (KANG, Junkoo) [KR/JP]; 〒806-0004 福岡県 北九州市八幡西区 黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 林 賛恵光 (HAYASHI, Saemitsu) [JP/JP]; 〒806-0004 福岡県 北九州市八幡西区 黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 森本進也 (MORIMOTO, Shinya) [JP/JP]; 〒806-0004 福岡県 北九州市八幡西区 黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP).

- (74) 代理人: 宮崎 昭夫, 外 (MIYAZAKI, Teruo et al.); 〒107-0052 東京都港区赤坂 1 丁目 9 番 20 号 第 16 興和ビル 8 階 Tokyo (JP).  
 (81) 指定国 (国内): CN, DE, GB, US.  
 (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[続葉有]

(54) Title: POWER GENERATING SYSTEM AND ITS CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 発電システムおよびその制御方法



(57) Abstract: A power controller (5) determines the induced voltage or magnetic flux of the rotator from the output voltage and output current of a generator (3), estimates the shaft speed of the generator (3) from the phase of the induced voltage or the phase of the magnetic flux of the rotator, and calculates the output of the wind mill (1) from the estimated shaft speed and the output of the generator (3). Therefore, the output of the wind mill (1) can be calculated without need for a speed sensor for sensing the shaft speed of the generator (3). As a result, the circuit can be simplified, the cost can be lowered, and the reliability can be heightened.

(57) 要約: 電力制御装置 5 では、発電機 3 の出力電圧および出力電流から誘起電圧または回転子磁束を求め、この誘起電圧の位相または回転子磁束の位相から発電機 3 の軸速度を推定し、この軸速度推定値と発電機 3 の出力とから風車 1 の出力を算出する。そのため、発電機 3 の軸速度を検出するための速度センサを必要とすることなく風車 1 の出力を算出することができ回路の簡略化、低コスト化および高信頼性を実現できる。



添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明細書

## 発電システムおよびその制御方法

## 技術分野

本発明は、風力や水力等の動力エネルギーを回転エネルギーに変換して発電を行う発電システムにおいて、特に発電機を最大効率で運転するための発電システムの制御方法に関する。

## 背景技術

従来の発電システムの例として従来の風力発電システムの構成を図1に示す。この従来の風力発電システムは、図1に示すように、風力を取り込むための風車1と、風車1の軸速度を変速して伝達するためのギア/カップリング2と、発電機3と、電力変換装置4と、電力制御装置95と、速度センサ8とから構成され、負荷6に対して発電した電力を供給している。

次に、この従来の風力発電システムの動作について説明する。風車1が回転することによって得られた風力エネルギーは、ギア/カップリング2によって軸速度の変速が行われた後に発電機3に伝達される。発電機3は、この風力エネルギーを電氣的エネルギーに変換する。発電機3によって得られた電気エネルギーは、電力変換装置4によって制御された後に負荷6に伝えられる。電力制御装置95は速度センサ8から風車1の軸速度の情報を取り入れ電力変換装置4の制御を行う。発電機3には、同期発電機以外に誘導発電機やIPM (Interior Permanent Magnet) 発電機 (内部永久磁石同期発電機) 等の交流発電機も使用される。

このような風力発電システムでは、得られる電力は風速によって影響を受けることになる。そして、風速は一定ではなく常に変動している。そのため、このような風力発電システムでは、発電効率を高めるために、風速に応じて求まる最適な軸速度で発電機3を運転する必要がある。具体的には、発電機3の軸速度が風速に応じて変化しない軸速度一定制御、あるいは風速に応じて発電機3の軸速度を変化させることによってエネルギー利用度すなわち発電効率を高める軸速度可変制御が電力制御装置95によって行われる。

そして、このような軸速度一定制御、軸速度可変制御を行うには、軸の速度を

検出する必要があり、従来の風力発電システムでは軸速度を検出するためにエンコーダ等の速度センサ 8 が用いられていた。例えば、風車の軸速度検出にエンコーダを使用している風力発電システムが、特開 2002-84797 号公報等に記載されている。

しかし、風車の軸速度の検出にエンコーダ等の速度センサ 8 を設けている従来の風力発電システムでは、速度センサ 8 から電力制御装置 9 5 まで配線を設ける必要がある。そのため、速度センサ 8 から電力制御装置 9 5 までの距離が長くなると配線自体も長くなり、断線等による信頼性の劣化が問題となる場合があった。さらに、風車が回転している間は速度センサも常に回転することになるため、速度センサ自体の寿命が信頼性の劣化を招いてしまうという問題もあった。さらに、速度センサを設けることによってコストの増加を招くという問題もあった。

ここでは、タービンとして風車を用いる風力発電システムを用いて説明したが、風車以外のタービンにより動力エネルギーを回転エネルギーに変換して発電を行う発電システムについても同様な問題が発生する。

### 発明の開示

本発明の目的は、タービンの軸速度を検出するための速度センサを使用せずに発電機からの速度情報をセンサレスで得ることにより高信頼性、回路の簡略化、コストの低減を図ることができる発電システムおよびその制御方法を提供することである。さらに本発明は、風速センサなどの動力源のエネルギー量検出手段を使用せずに高効率運転を実現することを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明の発電システムは、動力エネルギーを回転エネルギーに変換するタービンと、前記タービンの回転エネルギーを電気エネルギーに変換する発電機と、前記発電機により得られた電気エネルギーの電力制御を行う電力制御装置と、前記電力制御装置の指令に従って入力および出力の電力を制御する電力変換装置とを備えた発電システムにおいて、

前記電力制御装置が、

発電機の出力電圧と出力電流を静止  $d-q$  座標系に変換することにより、2 相

電流および2相電圧を算出する3相-2相変換器と、

前記3相-2相変換器により算出された2相電流および2相電圧から前記発電機の出力を算出する発電機出力演算部と、

前記3相-2相変換器により算出された2相電流および2相電圧から誘起電圧を検出する誘起電圧検出器と、

前記誘起電圧検出器により検出された誘起電圧から誘起電圧の位相を検出する位相検出器と、

前記位相検出器により検出された誘起電圧の位相を微分することにより誘起電圧の回転速度を算出して、前記発電機の軸速度を推定する微分器と、

前記微分器により推定された軸速度推定値と、前記発電機出力演算部により求められた前記発電機の出力とを用いて前記タービンの出力を算出するタービン出力演算器とを備えていることを特徴とする。

また、本発明の他の発電システムは、動力エネルギーを回転エネルギーに変換するタービンと、前記タービンの回転エネルギーを電気エネルギーに変換する発電機と、前記発電機により得られた電気エネルギーの電力制御を行う電力制御装置と、前記電力制御装置の指令に従って入力および出力の電力を制御する電力変換装置とを備えた発電システムにおいて、

前記電力制御装置が、

発電機の出力電圧と出力電流を静止d-q座標系に変換することにより、2相電流および2相電圧を算出する3相-2相変換器と、

前記3相-2相変換器により算出された2相電流および2相電圧から前記発電機の出力を算出する発電機出力演算部と、

前記3相-2相変換器により算出された2相電流および2相電圧から回転子磁束を検出する回転子磁束検出器と、

前記回転子磁束検出器により検出された回転子磁束から回転子磁束の位相を検出する位相検出器と、

前記位相検出器により検出された回転子磁束の位相を微分することにより回転子磁束の回転速度を算出して、前記発電機の軸速度を推定する微分器と、

前記微分器により推定された軸速度推定値と、前記発電機出力演算部により求められた前記発電機の出力とを用いて前記タービンの出力を算出するタービン出力演算器とを備えていることを特徴とする。

本発明によれば、発電機の出力電圧および出力電流から誘起電圧または回転子磁束を求め、この誘起電圧の位相または回転子磁束の位相から発電機の軸速度を推定し、この軸速度推定値と発電機の出力とからタービンの出力を算出するようにしているので、発電機の軸速度を検出するための速度センサを必要とすることなくタービンの出力を算出することができ回路の簡略化、低コスト化および高信頼性を実現することができる。

また、本発明の他の発電システムによれば、前記電力制御装置が、

前記タービン出力演算器により求められたタービンの出力と、前記軸速度推定値とからタービンのトルクを算出するタービントルク推定器と、

前記タービントルク推定器により求められたタービンのトルクから軸速度指令値を算出する最大効率運転制御器とをさらに備えている。

本発明によれば、タービン出力と軸速度推定値とから、発電機に入力されたパワーとタービンのトルクとを算出し、この算出したタービンのトルクと軸速度推定値とタービンの出力係数とにより発電機の効率が最大となる軸速度指令を算出し、発電機の軸速度を軸速度指令に一致させるような制御を行うようにしているので、入力エネルギーに対して常に最大の効率で運転することが可能となる。

さらに、前記最大効率運転制御器を、

前記タービントルク推定器により求められたタービンのトルクを一定の時間間隔でサンプリングしていて、今回のタービンのトルク  $T_{tur}(n)$  とし、前回のタービンのトルクを  $T_{tur}(n-1)$  とし、サンプリング間隔を  $t_s$  とした場合に、

$(T_{tur}(n) - T_{tur}(n-1)) / t_s$  を計算してトルクの変化率  $\Delta T_{tur}(n) / t_s$  を求めるトルク変化率演算器と、

タービンの特性によって決まる出力係数と前記トルクの変化率  $\Delta T_{tur} / t_s$  の関係式の解を求める出力係数微分方程式演算器と、

前記出力係数微分方程式演算器により求められた解に基づいて前記軸速度指令

値を求める発電速度指令部とから構成するようにしてもよい。

さらに、本発明の他の発電システムでは、前記電力制御装置が、

前記タービン出力演算器により求められたタービンの出力を一定の時間間隔でサンプリングして今回のタービンの出力  $P_{tur}(n)$  と前回の出力  $P_{tur}(n-1)$  の差  $\Delta P(n)$  を演算する出力変化演算器と、前記出力変化演算器により算出された差  $\Delta P(n)$  に比例ゲインを乗算することにより微細速度指令値を算出する比例ゲイン乗算器と、前記比例ゲイン乗算器により算出された微細速度指令値の絶対値を一定の制限値以下に制限するリミッタと、から構成される微細補正制御器と、

前記最大効率運転制御器により算出された軸速度指令値に、前記微細補正制御器により算出された微細速度指令を加算して、新たな軸速度指令値として出力する加算器とをさらに備えている。

本発明によれば、タービン出力の変化から微細速度指令を算出して速度指令に加算するようにしているので、速い過渡応答特性と安定的な微細調整の両方が実現される軸速度指令の算出が可能となり、設計値と実際値とが異なる場合においても常に最大効率を得ることができる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、従来の風力発電システムの構成を示すブロック図である。

図2は、出力係数と速度比の関係を示す図である。

図3は、風車の出力と発電機軸速度、風速の関係を示す図である。

図4は、本発明の一実施形態の風力発電システムの構成を示すブロック図である。

図5は、図4に示した電力制御装置5において、発電機3の電流値および電圧値から最大効率運転制御を行うための軸速度指令  $W_{gen}^*$  を求める機能を実現するための構成部分を示す図である。

図6は、図5中の発電機軸速度演算部901の構成の一例を示すブロック図である。

図 7 は、図 5 中の発電機軸速度演算部 901 の構成の他の例を示すブロック図である。

図 8 は、図 5 中の過渡応答制御器 903 の構成を示すブロック図である。

図 9 は、図 8 中の最大効率運転制御器 603 の構成を示すブロック図である。

図 10 は、図 5 中の微細補正制御器 904 の構成を示すブロック図である。

### 発明を実施するための最良な形態

次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

まず、本発明における発電機効率を最大とするための風速と発電機の軸速度の関係について説明する。

#### <一般的な風車の出力特性>

一般的に風車の出力  $P_{tur}$  は下記の式 (1) のように表すことができる。

$$P_{tur} = c_p k_{sys} V_{wind}^3 \quad (1)$$

上記の式 (1) で風車定数  $k_{sys}$  は風車の羽の面積と空気密度によって決まる定数で制御時急に可変するパラメータではない。また風速  $V_{wind}$  は制御できないパラメータである。風速  $V_{wind}$  と発電機の軸速度  $W_{gen}$  の周速比  $\lambda$  は発電機と風車のギア比  $k_c$ 、風車の半径  $R_v$  を用いて下記の式 (2) に示すように表すことができる。

$$\lambda = R_v k_c \frac{W_{gen}}{V_{wind}} \quad (2)$$

動力係数  $C_p$  は周速比  $\lambda$  によって図 2 に示したような可変するパラメータである。したがって、発電中に  $\lambda$  を制御して最大効率速度比  $\lambda_{op}$  を維持するように制御すれば動力係数  $C_p$  は最大値  $C_{p(max)}$  になるので、システムの最大効率運転が可能である。 $\lambda_{op}$  は風車の設計によって決まる定数である。最大効率運転を維持するためには発電機の軸速度指令  $W_{gen}^*$  を下記の式 (3) より求めて出力する。

$$W_{gen}^* = \left( \frac{\lambda_{op}}{R_v k_c} \right) V_{wind} \quad (3)$$



上記の式(3)で $\lambda_{op}$ 、 $R_v$ 、 $k_c$ は風車の設計値の一部なので把握できるが、風速 $V_{wind}$ は未知の値である。したがって、最大効率運転のためには風速 $V_{wind}$ の瞬時値が必要になる。

発電機電力 $P_{gen}$ は、発電機軸速度 $W_{gen}$ と発電機トルク $T_{gen}$ を用いて下記の式(4)に示すように表することができる。

$$P_{gen} = W_{gen} T_{gen} \quad (4)$$

あるいは、発電機の静止 d - q 軸座標の 2 相電圧と電流を用いて下記の式(5)により発電機電力 $P_{gen}$ を算出することもできる。

$$P_{gen} = \frac{3}{2} (V_d I_{ds} + V_{qs} I_{qs}) \quad (5)$$

風車システムの損失分 $P_{loss}$ は電気損失と機械損失で構成されている。電気損失は、発電機の等価抵抗と発電機を制御しているインバータの電力半導体のスイッチング周波数によって決まる電気損失定数 $k_1$ に発電機電力 $P_{gen}$ を掛けて求める。機械損失は機械摩擦定数 $B_{sys}$ に発電機軸速度の 2 乗の $W_{gen}^2$ を掛けて求める。風車システムの損失分 $P_{loss}$ は電気損失に機械損失を足して下記の式(6)に示すように求める。

$$P_{loss} = k_1 P_{gen} + B_{sys} W_{gen}^2 \quad (6)$$

風車の出力 $P_{tur}$ は、求めた発電機電力 $P_{gen}$ に出力の損失分 $P_{loss}$ を足して下記の式(7)により求められる。

$$P_{tur} = P_{gen} + P_{loss} \quad (7)$$

求めた風車の出力 $P_{tur}$ と発電機の軸速度および風車データにより風速を求めることができる。本発明では発電機軸速度として、軸速度推定値

$$\hat{W}_{gen}$$

を用いて風車の出力 $P_{tur}$ を求める。

<風車の最大出力点>

一般的に発電機の軸速度と風速の間には最大出力点が存在する。例えば図 3 に示したように発電機軸速度  $W_{gen}$  が  $W_r(A)$  で風速  $V_{wind}$  が  $V_{w1}$  の場合には風車の最大出力点は  $P_{tur}(A)$  になる。発電機軸速度  $W_{gen}$  が  $W_r(B)$  で風速  $V_{wind}$  が  $V_{w2}$  の場合には風車の出力は最大点が  $P_{tur}(B)$  となる。

#### <過渡応答制御の原理>

次に、過渡応答制御の原理について説明する。

一般的に風車のトルク  $T_{tur}$  は下記の式 (8) のように表すことができる。

$$T_{tur} = P_{tur} / k_c W_{gen} \quad (8)$$

発電機の軸速度指令に発電機の軸速度が追従するように速度制御する機能を有する構成において、軸速度指令が一定の場合、トルクの時間に関する微分値は下記の式 (9) のように表すことができる。

$$\frac{dT_{tur}}{dt} = \frac{\pi}{2k_c} \rho R_v^3 W_{gen}^2 \frac{d}{dt} \left( \frac{c_p}{\lambda^3} \right) \quad (9)$$

上記の式 (9) で  $\rho$  は空気の密度である。速度制御器の制御周期  $t_s$  が短い時は、速度制御器の出力であるトルク変換量  $\Delta T_{tur}$  を用いて、式 (9) を下記の式 (10) のように表すことができる。

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{c_p}{\lambda^3} \right) = \frac{2k_c}{\pi \rho R_v^3 W_{gen}^2} \frac{\Delta T_{tur}}{t_s} \quad (10)$$

一般的に風車の出力係数  $C_p$  は  $\lambda$  に関する  $m$  次の多項式であり、式 (11) のように表すことができる。

$$c_p(\lambda) = c_0 + c_1 \lambda + c_2 \lambda^2 + \dots + c_m \lambda^m \quad (11)$$

この式 (11) の  $C_0$  から  $C_n$  までは、風車の設計によって決まる既知の定数である。この式 (11) の  $C_p(\lambda)$  を式 (10) に代入して整理すると、下記の式 (12) を得ることができる。

$$\frac{d}{dt} \{ c_0 \lambda^{-3} + c_1 \lambda^{-2} + c_2 \lambda^{-1} + \dots + c_m \lambda^{m-3} \} - \frac{2k_c}{\pi \rho R_v^3 W_{gen}^2} \frac{1}{t_s} \Delta T_{tur} = 0 \quad (12)$$

ここで、 $\lambda^{-1}$ を $x$ に置換して上記の(12)式を整理すると式(13)のように表すことができる。

$$3c_0x^2 + 2c_1x + \left( c_2 - \frac{2k_c}{\pi\rho R_v^5} \frac{1}{W_{gen}^2} \frac{\Delta T_{sur}}{t_s} \right) + \dots + c_m \frac{d}{dt}(x^{3-m}) = 0 \quad (13)$$

式(13)の解を

$$\hat{x}$$

とすると下記の式(14)に示すように風速を推定することができる。

$$\hat{V}_{wind} = R_v k_c \hat{W}_{gen} \hat{x} \quad (14)$$

最終的に発電機軸速度の代わりに軸速度推定値

$$\hat{W}_{gen}$$

を用いて、発電機の軸速度指令は(15)式のように表すことができる。

$$W_{g1}^* = \lambda_p \hat{W}_{gen} \hat{x} \quad (15)$$

従って、風車の出力係数 $C_p$ と発電機の軸速度及びトルクに基づいて式(10)から式(15)までのように微分方程式の解を求めて発電機の軸速度指令 $W_{g1}^*$ を演算することができる。

#### <微細補正制御の原理>

上記では、トルクの変換量から風速を検出して軸速度指令を演算して発電効率を制御することについて説明した。次に、動力係数 $C_p$ の誤差等風力発電システムの定数の変化に変わらず効率運転制御の精密度を上げるための微細補正制御の方法の原理について、図3を参照して説明する。

最初風車が図3におけるA点で運転しているものとする。風速が $V_{w1}$ から $V_{w2}$ に変わっても軸速度指令がまだ一定なので、速度は $W_r(A)$ で変わらずにトルクだけが違って運転点はAからa1に移る。式(11)から式(15)ではこのトルクの変化から風速の変化を判断し発電機の軸速度指令 $W_{g1}^*$ を出力して過渡応答制御をする。しかし発電機の軸速度が軸速度指令 $W_{g1}^*$ を追従しても発電システムの定数の変化及び誤差のため実際の運転点a2と新しい最大効率運転点Bとは一致し

ない可能性がある。この問題点を解決するために本発明では微細補正制御を行う。今回の検出電力を  $P_{tur}(n)$ 、前回の検出電力を  $P_{tur}(n-1)$  とすると、下記の式(16)に示すような式が得られる。

$$\Delta P(n) = P_{tur}(n) - P_{tur}(n-1) \quad (16)$$

$$\Delta W_1^*(n) = k_{pw} * \Delta P(n)$$

ここで  $k_{pw}$  は比例ゲインである。補正値の最大値を制限するために  $\Delta W_1^*(n)$  の絶対値を下記の式(17)のようにして制限値

$$W_c\_lim$$

以下に制限する。このような発電機の軸速度の補正により微細補正制御をすることができる。

$$\begin{aligned} & \text{if } \Delta W_1^*(n) > W_c\_lim \quad \Delta W_c^* = W_c\_lim \\ & \text{if } \Delta W_1^*(n) < -W_c\_lim \quad \Delta W_c^* = -W_c\_lim \\ & \text{else } \Delta W_c^* = \Delta W_1^*(n) \end{aligned} \quad (17)$$

結果的に発電機の軸速度指令値は式(18)のように示すことができる。

$$W_{gen}^* = W_{gl}^* + \Delta W_c^* \quad (18)$$

#### <速度推定方法>

次に、軸速度推定方法に関する原理について説明する。

発電機の出力電流検出値

$$\hat{I}_u, \hat{I}_w$$

と3相出力電圧の直接検出、或は電圧の指令値から得られた発電機の相電圧検出値

$$\hat{V}_u, \hat{V}_w$$

を3相座標系から固定子の任意の位置の上に設定した静止 d-q 座標系に変換すると2相電流

$$\hat{I}_{ds}, \hat{I}_{qs}$$

は下記の(19)式から、2相電圧

$$\hat{V}_{ds}, \hat{V}_{qs}$$

は下記の(20)式から得られる。ここで $C_0$ は任意の常数である。

$$\begin{bmatrix} \hat{I}_{ds} \\ \hat{I}_{qs} \end{bmatrix} = C_0 \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{3}} & -\frac{1}{\sqrt{3}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{I}_u \\ -(\hat{I}_u + \hat{I}_w) \\ \hat{I}_w \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$\begin{bmatrix} \hat{V}_{ds} \\ \hat{V}_{qs} \end{bmatrix} = C_0 \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{3}} & -\frac{1}{\sqrt{3}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{V}_u \\ -(\hat{V}_u + \hat{V}_w) \\ \hat{V}_w \end{bmatrix} \quad (20)$$

### <速度推定実施例1>

永久磁石型同期発電機の誘起電圧は下記の式(21)から求めることができる。

$$\begin{aligned} \hat{E}_{ds} &= \hat{V}_{ds} + (R_{ds} + pL_{ds})\hat{I}_{ds} \\ \hat{E}_{qs} &= \hat{V}_{qs} + (R_{qs} + pL_{qs})\hat{I}_{qs} \end{aligned} \quad (21)$$

ここで $R_{ds}$ と $R_{qs}$ はd軸とq軸の固定子側等価抵抗、 $p$ は微分子、 $L_{ds}$ と $L_{qs}$ はd軸とq軸のインダクタンスである。一般的に3相対称交流発電機のd軸とq軸の誘起電圧 $E_{ds}$ 、 $E_{qs}$ は下記の式(22)のような特徴を持っている。

$$\begin{aligned} E_{ds} &= K_e W_e \sin \theta_e \\ E_{qs} &= K_e W_e \cos \theta_e \end{aligned} \quad (22)$$

ここで、 $K_e$ は発電機の定格電圧によって決められる電圧係数、 $W_e$ は発電機の電気角速度、 $\theta_e$ は誘起電圧の位相である。従って、発電機の誘起電圧の位相の推定値は下記の式(23)から求めることができる。

$$\hat{\theta}_e = \tan^{-1}(\hat{E}_{ds} / \hat{E}_{qs}) \quad (23)$$

発電機の軸速度は磁束の位相の推定値を微分して下記の式(24)から求めることができる。

$$\hat{W}_{gen} = \frac{2}{\text{Pole}} \frac{d\hat{\theta}_e}{dt} \quad (24)$$

ここでpoleは発電機の極数である。

### <速度推定実施例 2>

永久磁石型同期発電機で、静止 d - q 座標系上の回転子側の磁束は下記の式(25)から求めることができる。

$$\begin{aligned}\hat{\Phi}_d &= \int (\hat{V}_d + (R_d + pL_d)\hat{I}_d) dt \\ \hat{\Phi}_q &= \int (\hat{V}_q + (R_q + pL_q)\hat{I}_q) dt\end{aligned}\quad (25)$$

一般的に3相対称交流発電機の d 軸と q 軸の回転子磁束  $\Phi_d$ 、 $\Phi_q$  は下記の式(26)のような特徴を持っている。

$$\begin{aligned}\hat{\Phi}_d &= k_\phi \sin \theta_\phi \\ \hat{\Phi}_q &= k_\phi \cos \theta_\phi\end{aligned}\quad (26)$$

ここで  $K_\phi$  は磁束係数、 $\theta_\phi$  は磁束の位相である。従って、発電機の磁束の位相の推定値は下記の式(27)から求めることができる。

$$\hat{\theta}_\phi = \tan^{-1}(\hat{\Phi}_d / \hat{\Phi}_q) \quad (27)$$

発電機の軸速度は磁束の位相の推定値を微分して下記の式(28)から求めることができる。

$$\hat{\omega}_{gen} = \frac{2}{\text{Pole}} \frac{d\hat{\theta}_\phi}{dt} \quad (28)$$

次に、上記で説明したような制御方法を実現するための本発明の一実施形態の発電システムの具体的な構成を図4に示す。

図4は、本発明を風力発電システムに適用した実施形態である。図4において、図1中の構成要素と同一の構成要素には同一の符号を付し、説明を省略するものとする。

本実施形態の風力発電システムは、図1に示した従来の風力発電システムに対して、軸速度を検出する速度センサ8を取り除き、電力制御装置95を電力制御装置5に置き換えた構成となっている。本実施形態における電力制御装置5は、

発電機の電力および軸速度を制御する機能と、発電機 3 に流れる電流値および電圧値を検出して、これらの電流値および電圧値に基づいて発電機の軸速度を推定する発電機軸速度推定機能とを有している。

図 4 に示した電力制御装置 5 において、発電機 3 の電流値および電圧値から最大効率運転制御を行うための軸速度指令  $W_{gen}^*$  を求める機能を実現するための構成部分を図 5 に示す。

最大効率運転制御を行うための機能は、図 5 に示されるように、3 相－2 相変換器 906 と、発電機軸速度演算部 901 と、発電機出力演算部 902 と、過渡応答制御器 903 と、微細補正制御器 904 と、加算器 905 とから構成されている。

3 相－2 相変換器 906 は、発電機 3 の出力電圧と出力電流を静止  $d-q$  座標系に変換して、上記で説明した式 (19)、(20) を用いて、2 相電流

$$\hat{I}_{ds}, \hat{I}_{qs}$$

と 2 相電圧

$$\hat{V}_{ds}, \hat{V}_{qs}$$

を求める。

発電機出力演算部 902 は、3 相－2 相変換器 906 により算出された 2 相電流および 2 相電圧から、発電機 3 の出力  $P_{gen}$  を算出する。

次に、発電機軸速度演算部 901 の具体的な構成の一例を図 6 に示す。図 6 に示された例では、発電機軸速度演算部 901 は、誘起電圧検出器 402 と、位相検出器 403 と、微分器 404 とから構成されている。この例は、上述した速度推定実施例 1 に該当する。

誘起電圧検出器 402 は、上記で説明した式 (21) を用いて、3 相－2 相変換器 906 からの 2 相電流および 2 相電圧から、誘起電圧

$$\hat{E}_{ds}, \hat{E}_{qs}$$

を検出する。

位相検出器 403 は、上記で説明した式 (23) を用いて、誘起電圧検出器 402 により検出された誘起電圧から、誘起電圧の位相

$$\hat{\theta}_e$$

を検出する。

微分器 404 は、上記で説明した式 (24) を用いて、位相検出器 403 により検出された誘起電圧の位相の推定値を微分することにより、誘起電圧の回転速度即ち発電機 3 の軸速度の推定値である軸速度推定値を算出する。

また、図 5 に示した発電機軸速度演算部 901 の具体的な構成の他の例を図 7 に示す。図 7 に示された例では、発電機軸速度演算部 901 は、回転子磁束検出器 502 と、位相検出器 503 と、微分器 504 とから構成されている。この例は、上述した速度推定実施例 2 に該当する。

回転子磁束検出器 502 は、上記で説明した式 (25) を用いて、図 5 に示した 3 相 - 2 相変換器 906 により静止 d - q 座標系に変換された 2 相電流

$$\hat{i}_{ds}, \hat{i}_{qs}$$

と 2 相電圧

$$\hat{v}_{ds}, \hat{v}_{qs}$$

から、回転子磁束

$$\hat{\Phi}_d, \hat{\Phi}_q$$

を検出する。

位相検出器 503 は、上記で説明した式 (27) を用いて、回転子磁束検出器 502 により検出された回転子磁束から、回転子磁束の位相

$$\hat{\theta}_e$$

を検出する。

微分器 504 は、上記で説明した式 (28) を用いて、位相検出器 503 により検出された回転子磁束の位相から、回転子磁束の回転速度即ち発電機 3 の軸速度の推定値を算出する。

次に、図 5 中の過渡応答制御器 903 の具体的な構成を図 8 に示す。過渡応答制御器 903 は、図 8 に示されるように、風車出力演算器 601 と、風車のトルク推定器 602 と、最大効率運転制御器 603 とから構成されている。

風車出力演算器 601 は、タービン出力演算器として機能し、図 6 または図 7



に示した発電機軸速度演算部 901 により求められた発電機 3 の軸速度推定値

$$\hat{W}_{gen}$$

と、発電機出力演算部 902 により求められた発電機の出力  $P_{gen}$  とを用いて風車の出力  $P_{tur}$  を式 (7) のように求める。

風車のトルク推定器 602 は、タービントルク推定器として機能し、風車出力演算器 601 により求められた風車の出力  $P_{tur}$  と、発電機軸速度演算部 901 により求められた軸速度推定値

$$\hat{W}_{gen}$$

とから風車のトルク  $T_{tur}$  を式 (8) から求める。

最大効率運転制御器 603 は、風車のトルク推定器 602 により求められた風車のトルク  $T_{tur}$  から、軸速度指令値  $W_{gi}^*$  を算出する。この最大効率運転制御器 603 の具体的な構成を図 9 に示す。最大効率運転制御器 603 は、図 9 に示されるように、風車のトルクの変化率演算器 701 と、出力係数微分方程式演算器 702 と、発電速度指令部 703 とから構成されている。

最大効率運転制御器 603 では、一定の時間間隔で風車のトルク  $T_{tur}$  をサンプリングして演算を行っている。ここで、サンプリング間隔を  $t_s$ 、今回のサンプリング時のトルクを  $T_{tur}(n)$ 、前回のサンプリング時のトルクを  $T_{tur}(n-1)$  として表現するものとする。

風車のトルクの変化率演算器 701 は、 $(T_{tur}(n) - T_{tur}(n-1)) / t_s$  を計算してトルクの変化率  $\Delta T_{tur}(n) / t_s$  を求める。出力係数微分方程式演算器 702 は、風車の特性によって決まる式 (13) の出力係数  $C_p(\lambda)$  と  $\Delta T_{tur} / t_s$  の関係式の解を求め、発電速度指令部 703 では式 (15) から軸速度の指令値  $W_{gi}^*$  を求める。

次に、図 5 中の微細補正制御器 904 の具体的な構成について図 10 に示す。微細補正制御器 904 は、図 10 に示されるように、出力変化演算器 801 と、比例ゲイン乗算器 802 と、リミッタ 803 とから構成されている。

出力変化演算器 801 は、風車出力演算器 601 により求められた風車の出力  $P_{tur}$  を一定の時間間隔でサンプリングしていて、上記で説明した式 (16) のう

ちの上式を用い、今回の風車の出力  $P_{tur}(n)$  と前回の出力  $P_{tur}(n-1)$  の差の  $\Delta P(n)$  を演算する。比例ゲイン乗算器 802 は、上記で説明した式(16)のうちの下式を用いて、出力変化演算器 801 により算出された  $\Delta P(n)$  に比例ゲイン  $k_{pw}$  を乗算することにより微細速度指令値  $\Delta W^*_1(n)$  を求める。リミッタ 803 では  $\Delta W^*_1(n)$  の絶対値を制限値

$$W_{c\_lim}$$

以下に制限した微細速度指令値  $\Delta W^*_c(n)$  を出力する。

加算器 905 は、過渡応答制御器 903 の最大効率運転制御器 603 により算出された軸速度指令値  $W^*_{g1}$  に、微細補正制御器 904 のリミッタ 803 により制限された後の微細速度指令  $\Delta W^*_c$  を加算して、新たな軸速度指令値  $W^*_{gen}$  として出力する。

本実施形態の発電システムによれば、風車出力  $P_{tur}$  の変化から微細速度指令  $\Delta W^*_c$  を算出して軸速度指令  $W^*_{g1}$  に加算するようにしているので、速い過渡応答特性と安定的な微細調整の両方が実現される軸速度指令  $W^*_{gen}$  の算出が可能となり、設計値と実際値とが異なる場合においても常に最大効率を得ることができる。

また、本実施形態の発電システムによれば、風車出力と軸速度推定値とから、発電機に入力されたパワーと風車のトルクとを算出し、この算出した風車のトルクと軸速度推定値と風車の出力係数とにより発電機の効率が最大となる軸速度指令を算出し、発電機の軸速度を軸速度指令に一致させるような制御を行うようにしているので、入力エネルギーに対して常に最大の効率で運転することが可能となる。

本実施形態の風力発電システムおよびその制御方法によれば、発電機 3 の効率を向上させることができるとともに、一般的に高価な発電機 3 の速度センサ及び風速センサを使用せずに外部動力による電力制御ができるようになり回路の簡略化、低コスト化および高信頼性を実現できる。

なお、本実施形態では、風力を用いた発電を行う風力発電システムに本発明を適用した場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、動力エネルギーを回転エネルギーに変換するタービンと流体とが図 3 の関係を持つ

ているシステム、例えば水力発電システムなどにも同様に本発明を適用することができるものである。

## 請求の範囲

1. 動力エネルギーを回転エネルギーに変換するタービンと、前記タービンの回転エネルギーを電気エネルギーに変換する発電機と、前記発電機により得られた電気エネルギーの電力制御を行う電力制御装置と、前記電力制御装置の指令に従って入力および出力の電力を制御する電力変換装置とを備えた発電システムにおいて、

前記電力制御装置が、

発電機の出力電圧と出力電流を静止  $d-q$  座標系に変換することにより、2相電流および2相電圧を算出する3相-2相変換器と、

前記3相-2相変換器により算出された2相電流および2相電圧から前記発電機の出力を算出する発電機出力演算部と、

前記3相-2相変換器により算出された2相電流および2相電圧から誘起電圧を検出する誘起電圧検出器と、

前記誘起電圧検出器により検出された誘起電圧から誘起電圧の位相を検出する位相検出器と、

前記位相検出器により検出された誘起電圧の位相を微分することにより誘起電圧の回転速度を算出して、前記発電機の軸速度を推定する微分器と、

前記微分器により推定された軸速度推定値と、前記発電機出力演算部により求められた前記発電機の出力とを用いて前記タービンの出力を算出するタービン出力演算器と、を備えていることを特徴とする発電システム。

2. 動力エネルギーを回転エネルギーに変換するタービンと、前記タービンの回転エネルギーを電気エネルギーに変換する発電機と、前記発電機により得られた電気エネルギーの電力制御を行う電力制御装置と、前記電力制御装置の指令に従って入力および出力の電力を制御する電力変換装置とを備えた発電システムにおいて、

前記電力制御装置が、

発電機の出力電圧と出力電流を静止  $d-q$  座標系に変換することにより、2相

電流および2相電圧を算出する3相－2相変換器と、

前記3相－2相変換器により算出された2相電流および2相電圧から前記発電機の出力を算出する発電機出力演算部と、

前記3相－2相変換器により算出された2相電流および2相電圧から回転子磁束を検出する回転子磁束検出器と、

前記回転子磁束検出器により検出された回転子磁束から回転子磁束の位相を検出する位相検出器と、

前記位相検出器により検出された回転子磁束の位相を微分することにより回転子磁束の回転速度を算出して、前記発電機の軸速度を推定する微分器と、

前記微分器により推定された軸速度推定値と、前記発電機出力演算部により求められた前記発電機の出力とを用いて前記タービンの出力を算出するタービン出力演算器と、を備えていることを特徴とする発電システム。

### 3. 前記電力制御装置が、

前記タービン出力演算器により求められたタービンの出力と、前記軸速度推定値とからタービンのトルクを算出するタービントルク推定器と、

前記タービントルク推定器により求められたタービンのトルクから軸速度指令値を算出する最大効率運転制御器と、をさらに備えている請求項1記載の発電システム。

### 4. 前記最大効率運転制御器が、

前記タービントルク推定器により求められたタービンのトルクを一定の時間間隔でサンプリングしていて、今回のタービンのトルク  $T_{tur}(n)$  とし、前回のタービンのトルクを  $T_{tur}(n-1)$  とし、サンプリング間隔を  $t_s$  とした場合に、 $(T_{tur}(n) - T_{tur}(n-1)) / t_s$  を計算してトルクの変化率  $\Delta T_{tur}(n) / t_s$  を求めるトルク変化率演算器と、

タービンの特性によって決まる出力係数と前記トルクの変化率  $\Delta T_{tur} / t_s$  の関係式の解を求める出力係数微分方程式演算器と、

前記出力係数微分方程式演算器により求められた解に基づいて前記軸速度指令値を求める発電速度指令部と、から構成されている請求項 3 記載の発電システム。

5. 前記電力制御装置が、

前記タービン出力演算器により求められたタービンの出力と、前記軸速度推定値とからタービンのトルクを算出するタービントルク推定器と、

前記タービントルク推定器により求められたタービンのトルクから軸速度指令値を算出する最大効率運転制御器と、をさらに備えている請求項 2 記載の発電システム。

6. 前記最大効率運転制御器が、

前記タービントルク推定器により求められたタービンのトルクを一定の時間間隔でサンプリングしていて、今回のタービンのトルク  $T_{tur}(n)$  とし、前回のタービンのトルクを  $T_{tur}(n-1)$  とし、サンプリング間隔を  $t_s$  とした場合に、 $(T_{tur}(n) - T_{tur}(n-1)) / t_s$  を計算してトルクの変化率  $\Delta T_{tur}(n) / t_s$  を求めるトルク変化率演算器と、

タービンの特性によって決まる出力係数と前記トルクの変化率  $\Delta T_{tur} / t_s$  の関係式の解を求める出力係数微分方程式演算器と、

前記出力係数微分方程式演算器により求められた解に基づいて前記軸速度指令値を求める発電速度指令部と、から構成されている請求項 5 記載の発電システム。

7. 前記電力制御装置が、

前記タービン出力演算器により求められたタービンの出力を一定の時間間隔でサンプリングしていて今回のタービンの出力  $P_{tur}(n)$  と前回の出力  $P_{tur}(n-1)$  の差  $\Delta P(n)$  を演算する出力変化演算器と、前記出力変化演算器により算出された差  $\Delta P(n)$  に比例ゲインを乗算することにより微細速度指令値を算出

する比例ゲイン乗算器と、前記比例ゲイン乗算器により算出された微細速度指令値の絶対値を一定の制限値以下に制限するリミッタと、から構成される微細補正制御器と、

前記最大効率運転制御器により算出された軸速度指令値に、前記微細補正制御器により算出された微細速度指令を加算して、新たな軸速度指令値として出力する加算器と、をさらに備えている請求項 3 から 6 のいずれか 1 項記載の発電システム。

8. 動力エネルギーを回転エネルギーに変換するタービンと、前記タービンの回転エネルギーを電気エネルギーに変換する発電機と、前記発電機により得られた電気エネルギーの電力制御を行う電力制御装置と、前記電力制御装置の指令に従って入力および出力の電力を制御する電力変換装置とを備えた発電システムの制御を行うための、発電システムの制御方法であって、

前記発電機の出力電圧と出力電流を静止  $d-q$  座標系に変換することにより 2 相電流および 2 相電圧を算出し、該 2 相電流および 2 相電圧から前記発電機の出力を算出するステップと、

前記 2 相電流および 2 相電圧から誘起電圧を検出するステップと、

検出された前記誘起電圧から誘起電圧の位相を検出するステップと、

検出された前記誘起電圧の位相を微分することにより誘起電圧の回転速度を算出して、前記発電機の軸速度を推定するステップと、

推定された前記軸速度推定値と、算出された前記発電機の出力とを用いて前記タービンの出力を算出するステップとを備えている発電システムの制御方法。

9. 動力エネルギーを回転エネルギーに変換するタービンと、前記タービンの回転エネルギーを電気エネルギーに変換する発電機と、前記発電機により得られた電気エネルギーの電力制御を行う電力制御装置と、前記電力制御装置の指令に従って入力および出力の電力を制御する電力変換装置とを備えた発電システムの制御を行うための、発電システムの制御方法であって、

前記発電機の出力電圧と出力電流を静止  $d-q$  座標系に変換することにより 2 相電流および 2 相電圧を算出し、該 2 相電流および 2 相電圧から前記発電機の出力を算出するステップと、

前記 2 相電流および 2 相電圧から回転子磁束を検出するステップと、

検出された前記回転子磁束から回転子磁束の位相を検出するステップと、

検出された前記回転子磁束の位相を微分することにより回転子磁束の回転速度を算出して、前記発電機の軸速度を推定するステップと、

推定された前記軸速度推定値と、算出された前記発電機の出力とを用いて前記タービンの出力を算出するステップとを備えている発電システムの制御方法。

10. 算出された前記タービンの出力と算出された前記軸速度推定値とからタービンのトルクを算出するステップと、

算出された前記タービンのトルクから軸速度指令値を算出するステップと、をさらに備えている請求項 8 記載の発電システムの制御方法。

11. 算出された前記タービンのトルクから軸速度指令値を算出するステップが、

算出された前記タービンのトルクを一定の時間間隔でサンプリングして、今回のタービンのトルク  $T_{tur}(n)$  とし、前回のタービンのトルクを  $T_{tur}(n-1)$  とし、サンプリング間隔を  $t_s$  とした場合に、 $(T_{tur}(n) - T_{tur}(n-1)) / t_s$  を計算してトルクの変化率  $\Delta T_{tur}(n) / t_s$  を求めるステップと、

タービンの特性によって決まる出力係数と前記トルクの変化率  $\Delta T_{tur} / t_s$  の関係式の解を求めるステップと、

算出された前記解に基づいて前記軸速度指令値を求めるステップと、から構成されている請求項 10 記載の発電システムの制御方法。

12. 算出された前記タービンの出力と算出された前記軸速度推定値とからタービンのトルクを算出するステップと、



算出された前記タービンのトルクから軸速度指令値を算出するステップと、をさらに備えている請求項 9 記載の発電システムの制御方法。

13. 算出された前記タービンのトルクから軸速度指令値を算出するステップが、

算出された前記タービンのトルクを一定の時間間隔でサンプリングして、今回のタービンのトルク  $T_{tur}(n)$  とし、前回のタービンのトルクを  $T_{tur}(n-1)$  とし、サンプリング間隔を  $t_s$  とした場合に、 $(T_{tur}(n) - T_{tur}(n-1)) / t_s$  を計算してトルクの変化率  $\Delta T_{tur}(n) / t_s$  を求めるステップと、

タービンの特性によって決まる出力係数と前記トルクの変化率  $\Delta T_{tur} / t_s$  の関係式の解を求めるステップと、

算出された前記解に基づいて前記軸速度指令値を求めるステップと、から構成されている請求項 12 記載の発電システムの制御方法。

14. 算出された前記タービンの出力を一定の時間間隔でサンプリングして、今回のタービンの出力  $P_{tur}(n)$  と前回の出力  $P_{tur}(n-1)$  の差  $\Delta P(n)$  を演算するステップと、

算出された前記差  $\Delta P(n)$  に比例ゲインを乗算することにより微細速度指令値を算出するステップと、

算出された前記微細速度指令値の絶対値を一定の制限値以下に制限するステップと、

算出された前記軸速度指令値に、算出された前記微細速度指令を加算して、新たな軸速度指令値として出力するステップと、をさらに備えている請求項 10 から 13 のいずれか 1 項記載の発電システムの制御方法。

Fig. 1

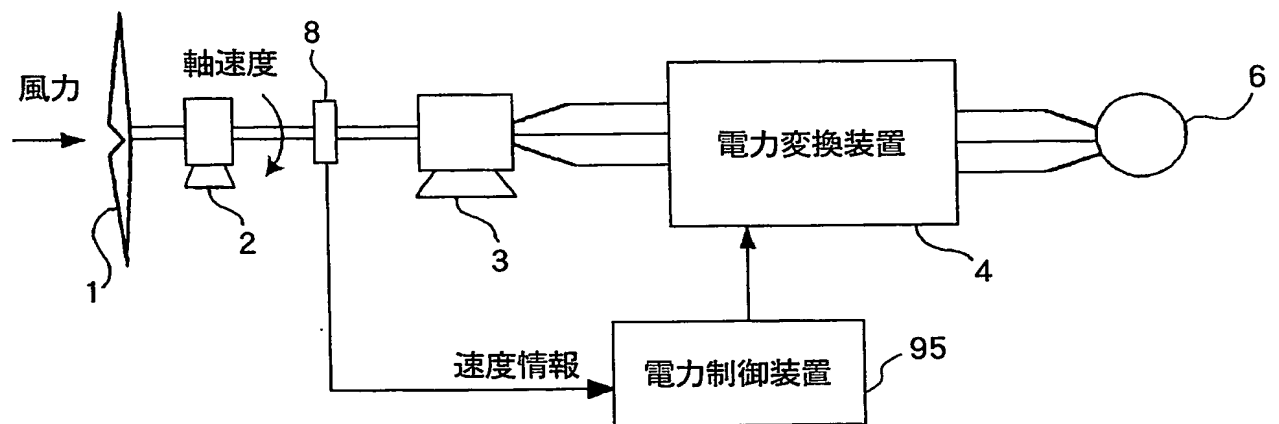


Fig. 2

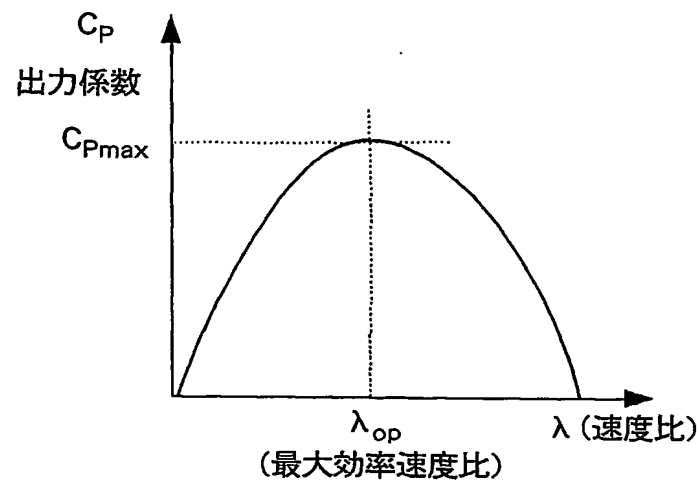


Fig. 3

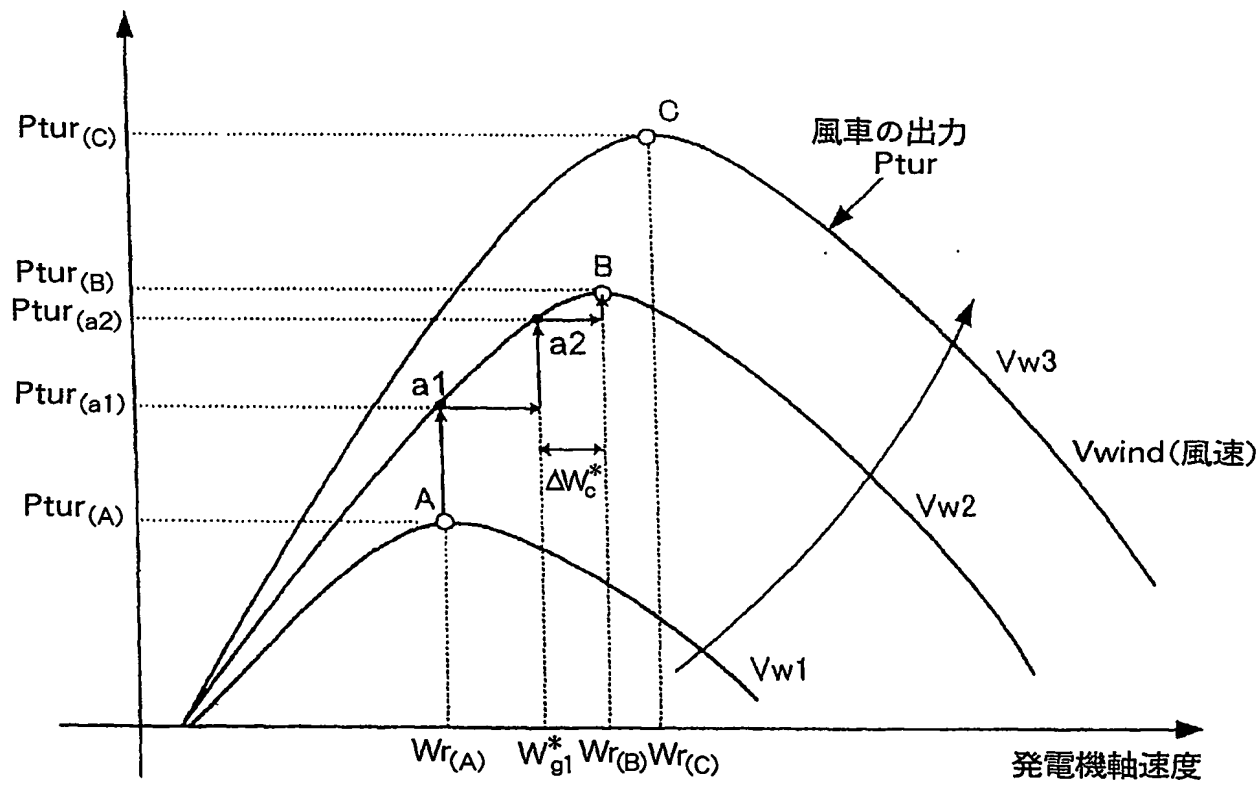


Fig. 4

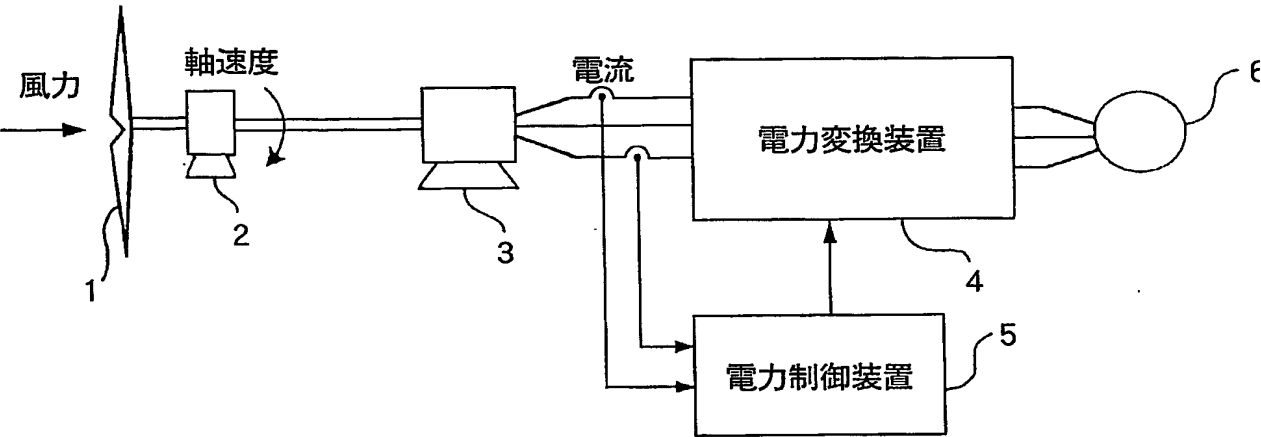


Fig. 5

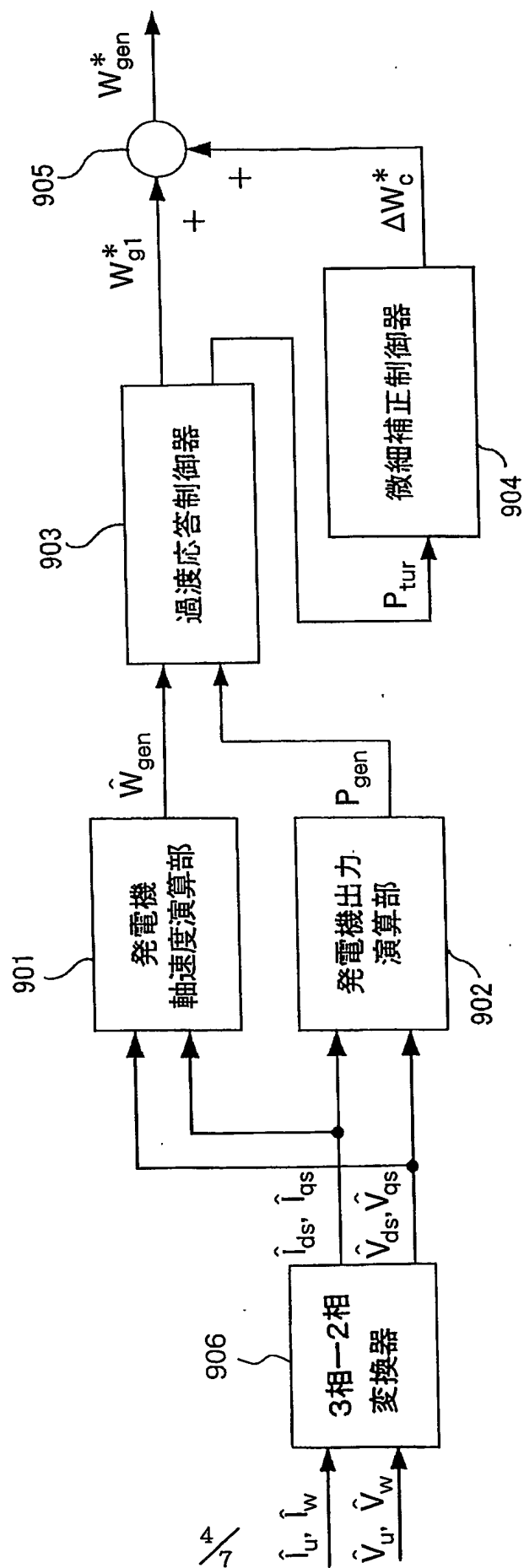


Fig. 6

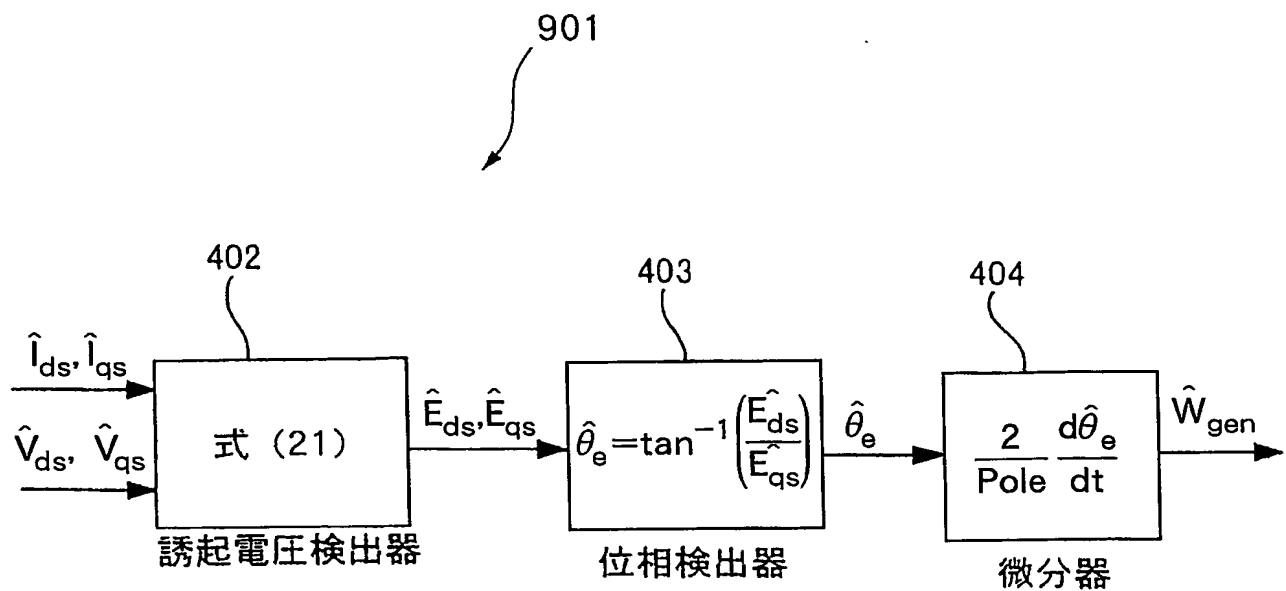


Fig. 7

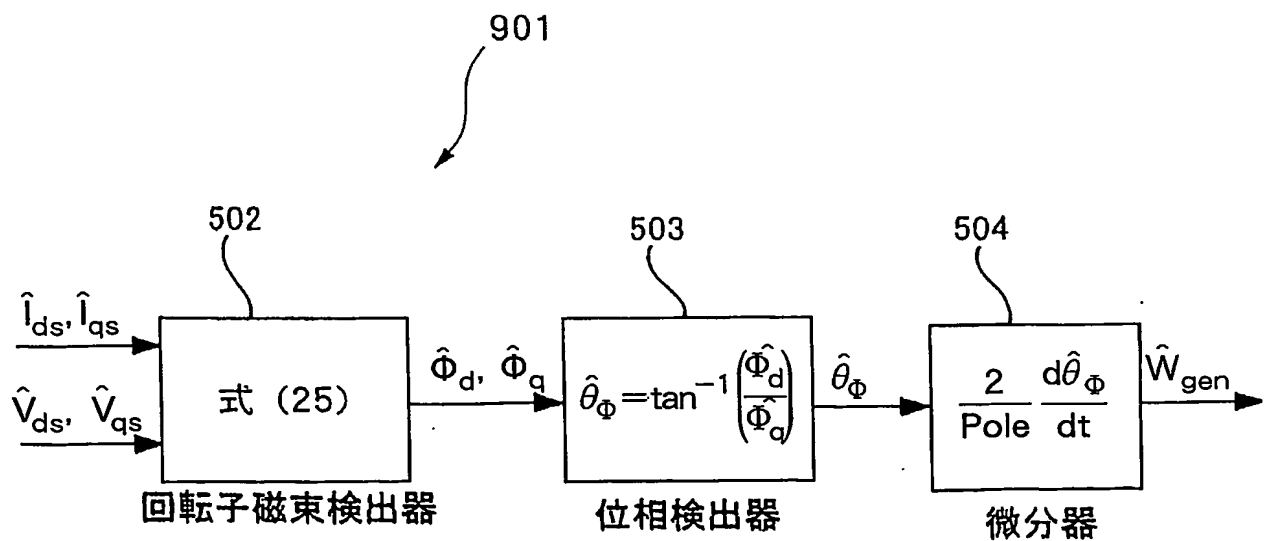


Fig. 8

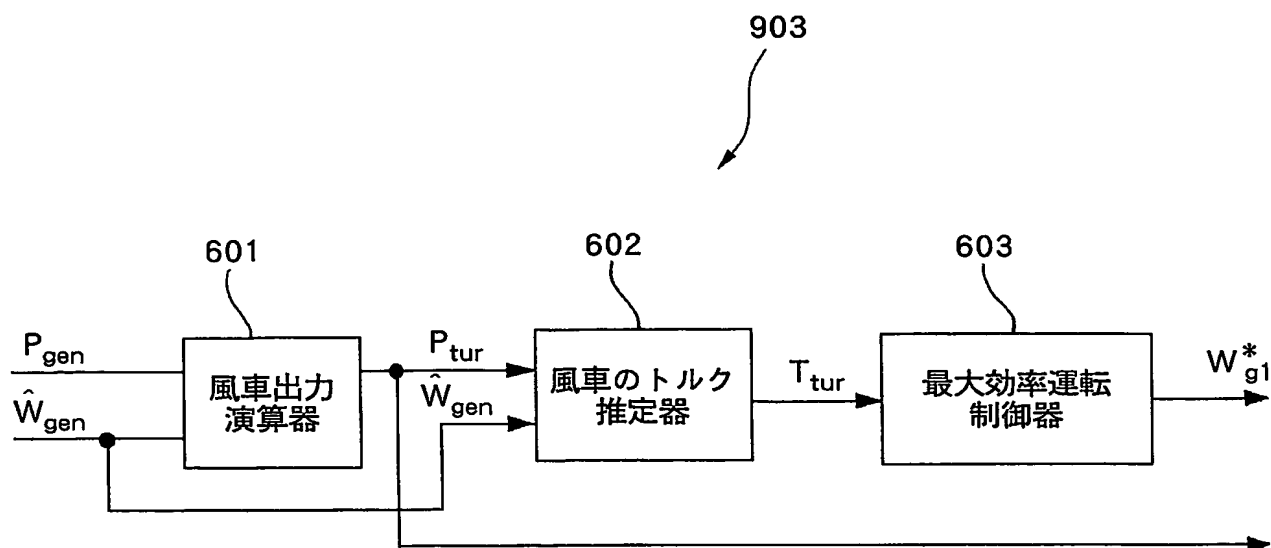


Fig. 9

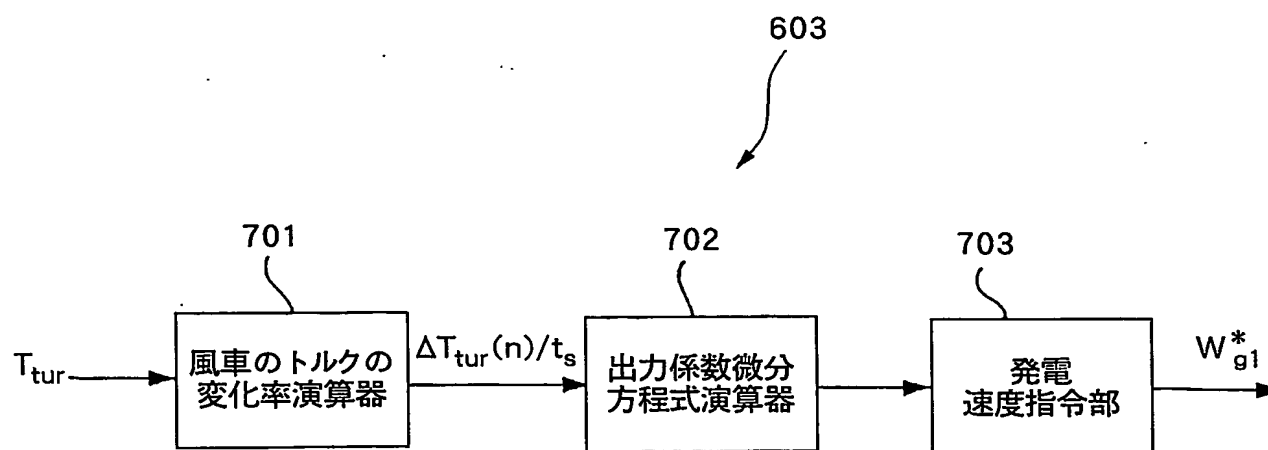
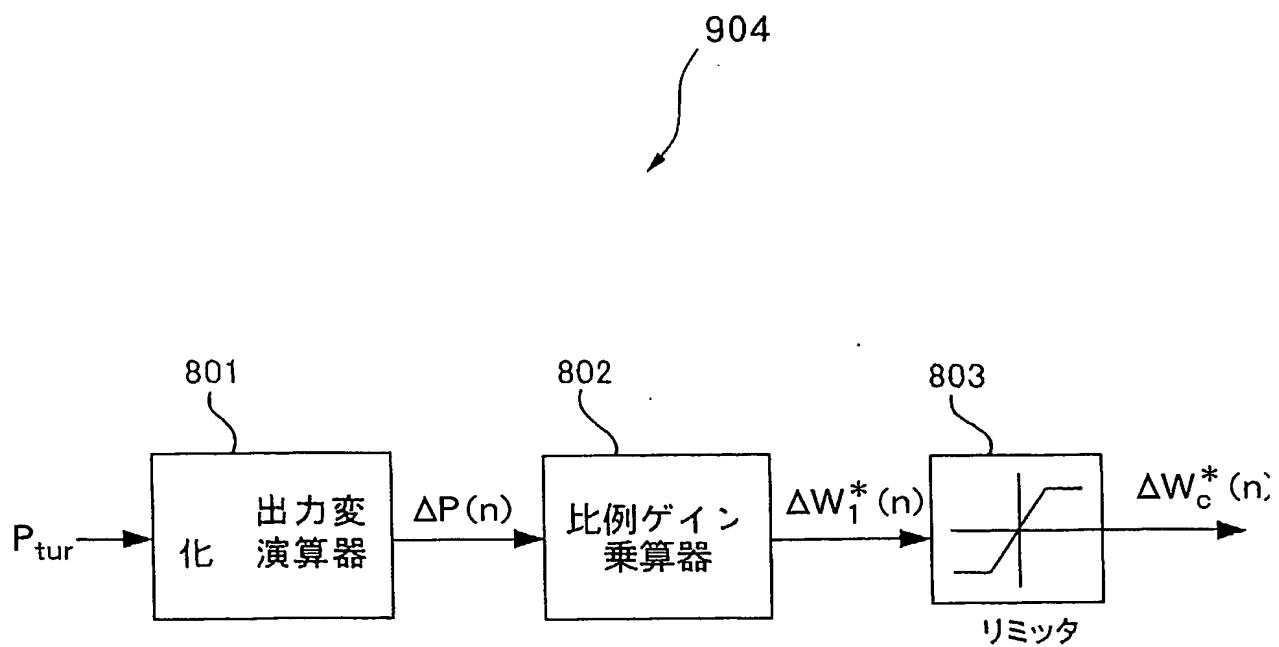


Fig. 10





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/16749

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H02P9/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H02P9/00, F03D7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5083039 A (U.S. Windpower, Inc.), 21 June, 1992 (21.06.92), Full text; Figs. 1 to 15 & JP 6-505618 A full text; Figs. 1 to 15 & CA 2100672 A & AU 1554292 A & AU 3148893 A & EP 569556 A1 & DE 92019171 U1 & DK 569556 T1 & WO 92/14298 A1 & WO 93/11604 A1 & US 5225712 A & EP 884833 A1 & ES 2127216 T1	1-14
A	JP 2002-34298 A (Hitachi, Ltd.), 31 January, 2002 (31.01.02), Full text; Figs. 1 to 8 (Family: none)	1-14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
30 March, 2004 (30.03.04)

Date of mailing of the international search report  
13 April, 2004 (13.04.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP03/16749

**C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-191698 A (Yaskawa Electric Corp.), 22 July, 1997 (22.07.97), Full text; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-14

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H02P9/04

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H02P9/00, F03D7/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US 5083039 A (U.S. Windpower, Inc.) 21.06.1992, 全文, 第1-15図 &JP 6-505618 A, 全文, 第1-15図 &CA 2100672 A &WO92/14298A1 &AU 1554292 A &WO93/11604A1 &AU 3148893 A &US 5225712 A &EP 569556 A1 &EP 884833 A1 &DE 92019171 U1 &ES 2127216 T1 &DK 569556 T1	1-14

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30.03.2004

国際調査報告の発送日

13.4.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

安池 一貴

3V

9150

電話番号 03-3581-1101 内線 3356

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2002-34298 A (株式会社日立製作所) 31. 01. 2002, 全文, 第1-8図 (ファミリーなし)	1-14
A	J P 9-191698 A (株式会社安川電機) 22. 07. 1997, 全文, 第1-2図 (ファミリーなし)	1-14